

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов

(направленность (профиль)/ специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора

Обучающийся

Л.Э. Самсонова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора.

Автор: Самсонова Лариса Эдуардовна.

В данной выпускной работе разрабатывается техпроцесс изготовления вала-шестерни редуктора. Вал-шестерня входит в состав двухступенчатого редуктора. Она служит для восприятия крутящего движения и передачи его на другую шестерню. При этом понижается частота вращения и увеличивается крутящий момент.

Первым этапом работы были проанализированы исходные данные, в которые входят конструкция детали, ее назначение и материал, из которого изготовлена вал-шестерня. В итоге был сделан вывод о соответствии материала вала-шестерни необходимым требованиям для выполнения своего назначения.

На втором этапе проведен выбор типа машиностроительного производства, где принят среднесерийный тип производства. После этого проведен расчет двух самых подходящих способов изготовления заготовки для вала-шестерни.

На третьем этапе спроектировано приспособление для токарной операции техпроцесса, которое является автоматическим, то есть при внедрении этого приспособления снижается процент ручного труда на операции.

Четвертым этапом в работе спроектирована конструкция режущего инструмента – концевой фрезы для выполнения шпоночного паза в детали, имеющей износостойкое покрытие.

Работа содержит раздел безопасности и экологичности, а также расчет экономической эффективности.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Общие сведения.....	5
1.2 Назначение и условия работы детали.....	6
1.3 Классификация поверхностей детали.....	6
1.4 Анализ требований к поверхностям детали.....	7
2 Технологическая часть.....	9
2.1 Определение типа производства.....	9
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	9
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	11
2.5 Расчет припусков.....	13
2.6 Расчет режимов резания.....	16
3 Проектирование приспособления.....	21
3.1 Общие сведения. Постановка задачи.....	21
3.2 Определение сил резания	22
3.3 Определение усилия зажима	23
3.4 Определение усилия привода.....	24
4 Проектирование режущего инструмента.....	26
4.1 Общие сведения	26
4.2 Выбор инструментального материала	28
4.3 Конструктивные элементы фрезы	28
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	32
6 Экономическая эффективность работы.....	37
Заключение.....	42
Список используемой литературы.....	45
Приложение А Технологическая документация	46

Введение

Машиностроение является важнейшей отраслью промышленности всего мира, так как от продуктов производства зависит продуктивность работы построенных машин. Машины используются во всех отраслях, таких как сельское хозяйство (комбайны, тракторы, устройства для полива, молотильные машины и так далее), горнодобывающая промышленность (буровые установки, шахтные машины, бульдозеры и другие), лесная промышленность, химическая (различные абсорберы, реакторы, колонные аппараты, прессы, электролизеры, смесители) и так далее.

Используемые в машиностроении редукторы в основном предназначены для уменьшения частоты вращения и увеличения величины крутящего момента. Редукторы представляют собой одну или несколько передач, помещенных в закрытом корпусе. В редукторах используются различные виды передач, такие как цилиндрические и конические зубчатые, червячные, цепные и другие.

Самым распространенным видом передач, используемых в редукторах, является цилиндрическая зубчатая передача, которая состоит из двух зубчатых колес (шестерен), одна из которых является ведущим звеном, а другая – ведомым. Ведущая шестерня вращает ведомую. Количественным параметром зубчатой передачи является передаточное отношение, которое исчисляется, как отношение числа зубьев ведущей шестерни к числу зубьев ведомой.

Вал-шестерня редуктора служит для восприятия крутящего движения и передачи его на другую шестерню редуктора.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора с минимальной себестоимостью, имеющей заданное качество.

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения

«Редукторы – это агрегаты, включающие одну или несколько передач зацеплением, смонтированных в закрытом корпусе. Они предназначены в основном для понижения частоты вращения и, соответственно, увеличения крутящего момента; имеют входной и выходной валы. Если двигатель соединен с редуктором с помощью фланца или встроен в него, то такой агрегат называют мотор-редуктором. Редукторы и мотор-редукторы классифицируют по нескольким признакам, важнейшими из которых являются: тип используемых передач количество ступеней, взаимное расположение осей и их положение в пространстве, способ крепления и другие». [10]

«Различные компоновки приводов (рисунок 1) с применением редукторов и мотор-редукторов обеспечивают идентичные выходные параметры. Редукторы общемашиностроительного применения в приводах комплектуют преимущественно четырехполюсными электродвигателями». [10]

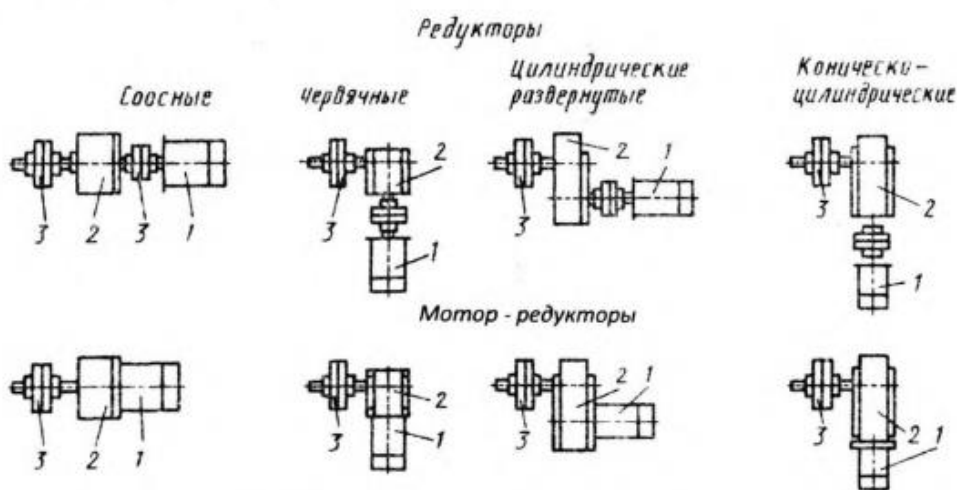


Рисунок 1 – Схемы редукторов

1.2 Назначение и условия работы детали

Вал-шестерня входит в состав двухступенчатого редуктора. Она служит для восприятия крутящего движения и передачи его на другую шестерню. При этом понижается частота вращения и увеличивается крутящий момент.

1.3 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности детали. Нумерация поверхностей представлена на рисунке 1.

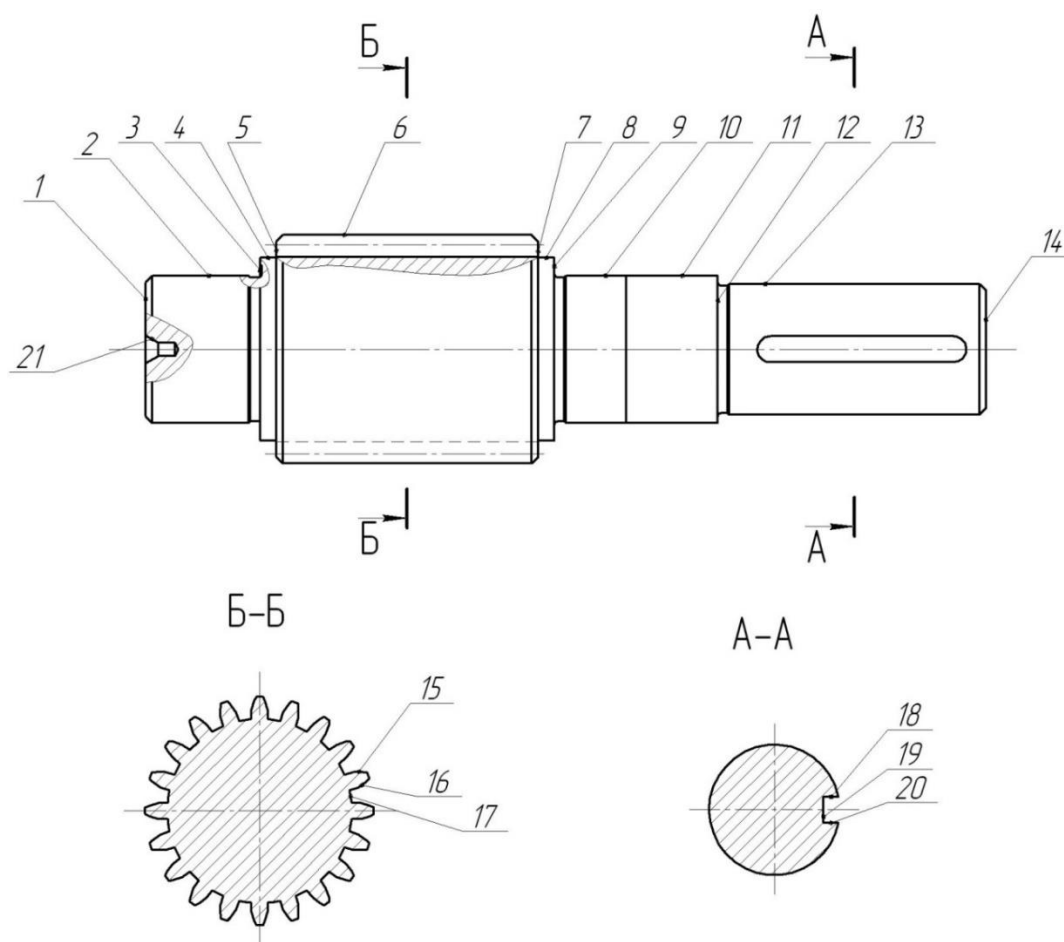


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями вала-шестерни редуктора являются поверхности 15, 16, 18 и 20.

Основными конструкторскими базами вала-шестерни редуктора являются поверхности 2, 3 и 10.

Вспомогательными конструкторскими базами вала-шестерни редуктора являются поверхности 9, 13 и 19.

Остальные поверхности – свободные.

1.4 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом корпуса подшипника является конструкционная сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 [9].

Физико-механические свойства стали 40Х представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40Х

σ_B , МПа	Ψ , %	σ_T , МПа	δ_5 , %	НВ
980	32	785	10	179

Конструкция данной детали представляется собой шестерню, изготовленную с валом как одно целое.

«Недостатком объединенной конструкции является необходимость изготавливать вал из того же материала, что и шестерню, часто более высококачественного и дорогого, чем требуется. Кроме того, при замене шестерни, например, вследствие износа или поломки зубьев приходится заменять и вал. Не смотря на это, в редукторах шестерню часто выполняют заодно с валом и даже при толщине, значительно превышающей указанные нормы. Это объясняется большей жесткостью и прочностью, а также технологичностью вал-шестерни что в конечном итоге оправдывает ее стоимость». [22]

«Форму зубчатых колес в большинстве случаев определяют в зависимости от способа получения заготовки. В свою очередь способ получения заготовки выбирают с учетом материала и размеров колес, а также объема выпуска. В единичном и мелкосерийном производстве зубчатые колеса диаметром $d_a \approx 200$ мм изготавливают из круглого проката, поковок и сварные. При $d_a \approx 150...700$ мм заготовку получают ковкой в виде круглых поковок. В крупносерийном и массовом производстве колеса небольших и средних диаметров (d_a до 700 мм) получают штамповкой в двусторонних штампах, а больших размеров – литьем или сваркой». [22]

Технологичность конструкции детали играет важную роль при ее изготовлении, так как простота формы, удобство изготовления, измерения и контроля, правильность выбора заготовительной операции органичность составляют в целом картину дешевизны изготовления детали, а дешевизна (себестоимость) сказывается на рентабельности машиностроительного производства в целом.

Конструкция вала-шестерни редуктора имеет три канавки для выхода инструмента при ее изготовлении, центровые отверстия в торцах для удобства обработки, довольно простую форму, что сказывается на доступности обработки и измерения каждой из поверхностей. Поэтому делаем вывод о достаточной технологичности детали.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«В зависимости от программы выпуска изделий и характеристик изготовленной продукции различают три типа производств в соответствии с ГОСТ 14.004-83 [7]: единичное, серийное и массовое. Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом их выпуска. Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска. Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени». [21]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m = 4,0$ кг и программа выпуска в $N = 5000$ деталей в год. Исходя из этих параметров [21], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«Характеристика серийного производства: часть оборудования и оснастки – универсального назначения; оборудование расположено в последовательности технологического процесса обработки для групп деталей, требующих одинакового их порядка; частично соблюдается принцип взаимозаменяемости при сборке; заготовки обрабатываются партиями; техническая документация и нормирование разрабатываются подробно только для сложных и ответственных изделий». [21]

Принципы построения и характеристики серийного производства применим при построении технологического процесса.

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Процессы получения деформируемых заготовок независимо от их формы, габаритов и массы должны быть неподвижными, высокопроизводительными, нетрудоёмкими и обеспечивать снижение себестоимости, повышение качества и точности готово продукции. Для изготовления поковок или штамповок нередко достаточен только один способ, например ковка или горячая объемная штамповка на прессах. Но иногда необходимо применять несколько способов в определенном сочетании одного с другим, например ковка и горячая объемная штамповка на молоте или ковка в ковочных вальцах и горячая объемная штамповка на горизонтально-ковочных машинах. Такие технологические процессы называют комбинированными». [12]

Проведем сравнительный расчет двух методов получения заготовки – это штамповка и прокат.

При штамповке масса заготовки будет равна 5,65 кг, а при прокате 9,02 кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке [14].

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (1)$$

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [14]

Тогда

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578 \text{ руб/кг.}$$

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой. [14]

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ум}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2)$$

где $C_{\text{ум}} = 0,315$; $k_m = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_g = 1,14$; $k_m = 1,0$; $k_n = 1,0$. [14]

Тогда

$$C_{заг} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [14].

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{шт} + C_{мех} (Q_{шт} - q) - C_{отх} (Q_{шт} - q), \quad (3)$$

где $Q_{шт} = 5,65$; $q = 4,0$ кг;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [14]}$$

Тогда

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 5,65 + 0,6578(5,65 - 4) - (5,65 - 4)0,0144 = 2,5956 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [14].

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех} (Q_{пр} - q) - C_{отх} (Q_{пр} - q), \quad (4)$$

где $Q_{пр} = 9,02$; $q = 4,0$ кг;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [14]}$$

Тогда

$$C_{ми} = 0,1219 \cdot 9,02 + 0,6578(9,02 - 4) - 0,0144(9,02 - 4) = 4,3294 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Перед разработкой маршрута обработки детали намечают (или уточняют) технологические операции (без подробной проработки их содержания). Предварительно объединяют те переходы на данной стадии обработки, которые могут быть выполнены на одном станке. Во время

обработки тяжелых заготовок следует сокращать число их перестановок со станка на станок, что также сказывается на содержании операций. При составлении маршрута обработки заготовки по отдельным операциям устанавливают также тип станков и другого технологического оборудования, их характеристики, размеры. Модели уточняют и корректируют при детальной проработке технологических операций. Разрабатывая технологический маршрут, ориентируются на типовые технологические процессы обработки деталей данного типа». [18]

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 1, 14 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: центровально-подрезная обработка.

Согласно необходимой точности (IT 6) поверхностей 2, 10, 13 и их шероховатости (Ra 1,6) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхности 3 и ее шероховатости (Ra 1,6) примем следующие методы обработки этой поверхности: черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 4, 5, 7, 8, 9, 12 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхности 6 и ее шероховатости (Ra 3,2) примем следующие методы обработки этой поверхности: черновое и чистовое точение.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхности 11 и ее шероховатости (Ra 3,2) примем следующие методы обработки этой поверхности: черновое и чистовое точение.

Согласно необходимой точности (IT 7) поверхностей 15, 16 и их шероховатости (Ra 1,6) примем следующие методы обработки этих поверхностей: зубофрезерование и зубошлифование.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхности 17 и ее шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этой поверхности: зубофрезерование.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхностей 18, 20 и их шероховатости (Ra 3,2) примем следующие методы обработки этих поверхностей: фрезерование.

Согласно необходимой точности (IT 13) поверхности 19 шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этой поверхности: фрезерование.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхности 21 шероховатости (Ra 1,6) примем следующие методы обработки этой поверхности: центровально-подрезная и центрально-шлифовальная обработки.

2.5 Расчет припусков

«Основной задачей этого этапа является определение оптимальных операционных припусков и размеров, а также уточнение размеров заготовки. Припуском на обработку называется слой металла, подлежащий удалению с поверхности заготовки в процессе обработки для получения готовой детали требуемой точности и качества. Различают общие припуски и операционные. Под общим понимают припуск, снимаемый в течение всего процесса процесса обработки данной поверхности. Операционным называют припуск, который удаляют при выполнении отдельной операции». [2]

«Оптимальной величиной припуска считается позволяющая выполнить обработку с заданной точностью и качеством при наименьшей себестоимости обработки». [2]

«Припуски, как и любой размер, должны иметь допуск. При этом допуск на общий припуск является также и допуском на соответствующий размер заготовки. Допуск на операционный припуск определяет допустимые колебания как самого припуска, так и операционного размера. Выбор

допуска на операционный размер не менее важен, чем выбор припуска. Малые допуски удорожают обработку и увеличивают вероятность получения брака, большие снижают стабильность обработки». [2]

Определим припуски на обработку поверхности 2 с параметрами $\varnothing 45k6_{+0,002}^{+0,018}$, $L = 29,5$ мм, $Ra = 0,8$ мкм расчетно-аналитическим методом. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из черного и чистового точения, термообработки, черного и чистового круглого шлифования.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$a = R_z + h_o. \quad (6)$$

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\Delta = 0,25 \cdot Td. \quad (7)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,6 = 0,400.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,063.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. \quad [4] \quad (8)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i). \quad [4] \quad (9)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,060.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5(1,600 + 0,250) = 1,726.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,062 + 0,039) = 0,176.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,088.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 45,002.$$

$$d_{4\max} = 45,018.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 45,018 + 2 \cdot 0,060 = 45,138.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 45,138 + 0,016 = 45,154.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 45,154 + 2 \cdot 0,125 = 45,404.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 45,404 + 0,100 = 45,504.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 45,504 \cdot 0,999 = 45,458.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 45,458 + 0,062 = 45,520.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 45,520 + 2 \cdot 0,263 = 46,046.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 46,046 + 0,250 = 46,296.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 46,296 + 2 \cdot 0,801 = 47,898.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 47,898 + 1,600 = 49,498.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). [4] \tag{10}$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(49,498 + 47,898) = 48,698.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1max} + d_{1min}) = 0,5(46,296 + 46,046) = 46,171.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2max} + d_{2min}) = 0,5(45,520 + 45,458) = 45,489.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TOmax} + d_{TOmin}) = 0,5(45,504 + 45,404) = 45,454.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3max} + d_{3min}) = 0,5(45,138 + 45,154) = 45,146.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4max} + d_{4min}) = 0,5(45,018 + 45,002) = 45,010.$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (11)$$

$$2Z_{min} = 47,898 - 45,018 = 2,880.$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (12)$$

$$2Z_{max} = 2,880 + 1,600 + 0,016 = 4,496.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}). \quad (13)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2,880 + 4,496) = 3,688.$$

Перейдем к расчету режимов обработки.

2.6 Расчёт режимов резания

«При обработке резанием пластичных материалов поверхностный слой детали сильно деформируется, теряет свою равновесную структуру и приобретает специфическое волокнистое строение (структуру), обладающее иными физическими свойствами. Наличие перед лезвием инструмента деформируемой зоны значительно влияет на изменение геометрической формы и неровности обработанной поверхности, обычно при этом в первую очередь существенно увеличивается продольная шероховатость. Скорость резания является одним из наиболее существенных факторов, влияющих на развитие пластических деформаций при точении. Малые скорости резания углеродистых конструкционных сталей (сталь 30, 40, 45, 50) порядка $V=1$ м/мин приводят к значительно небольшому повышению температуры и способствует образованию элементной стружки. При этом отделение

стружки происходит легко, без заметных деформаций верхнего слоя обработанной поверхности; неровности на обработанной поверхности незначительны». [25]

«С увеличением скорости резания до 40 м/мин в процессе образования стружки выделяется большое количество теплоты, которая способствует пластическому течению отделяемого, находящегося в пластическом состоянии, металла вдоль передней и задней поверхностей резца. Выдавливаясь из-под лезвия, этот металл частично пристаёт к сходящей стружке, частично скапливается на передней грани, а частично размазывается задней гранью инструмента по обрабатываемой поверхности». [25]

2.6.1 Определение режимов резания на операцию 010.

Примем глубину резания и подачу $t = 2,0; S = 0,3$. [20]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (14)$$

где $K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [20]

$$V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (15)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 75} = 400,8 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (16)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 400}{1000} = 94,2 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (17)$$

$$S = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (18)$$

$$T_0 = \frac{156}{120} = 1,30 \text{ мин.}$$

2.6.2 Определение режимов резания на операцию 020.

Переход 1.

Примем глубину резания и подачу $t = 0,5; S = 0,3$. [20]

Определим скорость резания по формуле (13).

Примем $K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [20]

$$V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,4 \text{ м/мин.}$$

Определим частоту вращения по формуле (15).

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 44} = 683,3 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (16)

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 630}{1000} = 87,0 \text{ м/мин.}$$

Определим минутную подачу по формуле (17)

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин.}$$

Определим основное время по формуле (18)

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{4}{189} = 0,02 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Примем глубину резания и подачу $t = 0,3; S = 0,2$. [20]

Определим скорость резания по формуле (13).

Примем $K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [20]

$$V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,4 \text{ м/мин.}$$

Определим частоту вращения по формуле (15)

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 70,6} = 425,8 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (16)

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,6 \cdot 400}{1000} = 88,7 \text{ м/мин.}$$

Определим минутную подачу по формуле (17)

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Определим основное время по формуле (18)

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{156}{80} = 1,95 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 0,02 + 1,95 = 1,97 \text{ мин.}$$

2.6.3 Определение режимов резания на операцию 030.

Примем глубину резания и подачу $t = 5,0; S_0 = 0,1$. [20]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}, \quad (19)$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (20)$$

где $K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0$. [20]

$$K_v = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

Примем $D = 8; t = 5; S_0 = 0,10; T = 25$;

$$C_v = 7,0; K_v = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [20]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 21,2 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 21,2}{3,14 \cdot 8} = 843,9 \text{ мин}^{-1}. \quad n = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 800}{1000} = 20,1 \text{ м/мин.}$$

Определим минутную подачу по формуле (17)

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{oms} \cdot L_{px}}{S}, \quad (21)$$

где $n_{oms} = 1; L_{px} = 65 \text{ мм.}$

$$T = \frac{1 \cdot 65}{80} = 0,81 \text{ мин.}$$

Рассчитанные режимы резания используем при заполнении технологической документации (Приложение А, таблица А.1), а также представим в технологических наладках графической части.

3 Проектирование станочного приспособления

3.1 Общие сведения. Постановка задачи

«Приспособлениями в машиностроении называют вспомогательные устройства, используемые при механической обработке, ремонте, сборке, контроле и испытании изделий. Приспособления, рабочие и контрольные инструменты, вместе взятые, называют технологической оснасткой, причем приспособления являются наиболее сложной и трудоемкой ее частью. Затраты на технологическую оснастку составляют до 20 % себестоимости изделия». [13]

На современных машиностроительных производствах в механосборочных цехах на производство одной детали приходится по 7...10 различных приспособлений, которые облегчают работу и роботов, и рабочих при изготовлении деталей, а также сборке узлов и механизмов. Значительную их часть составляют станочные приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. С наличием таких устройств внутри производств значительно увеличивает производительность труда, сокращая вспомогательное время, а также снижает риски, связанные с сохранением безопасности труда.

«Использование приспособлений способствует повышению производительности и точности обработки, сборки и контроля; облегчению условий труда; сокращению количества и снижению необходимой квалификации рабочих; строгой регламентации длительности выполняемых операций; расширению технологических возможностей оборудования; повышению безопасности работы и снижению аварийности». [13]

«Для успешного решения вопросов модернизации современного производства инженерно-технические работники машиностроения должны знать основы создания технологической оснастки, уметь анализировать

соответствие конструкции приспособлений требованиям производства, обладать соответствующими навыками проектирования и расчета различных приспособлений». [13]

На токарной операции 020 проводят чистовую токарную обработку заготовки. Схема операции представлена на рисунке 3.

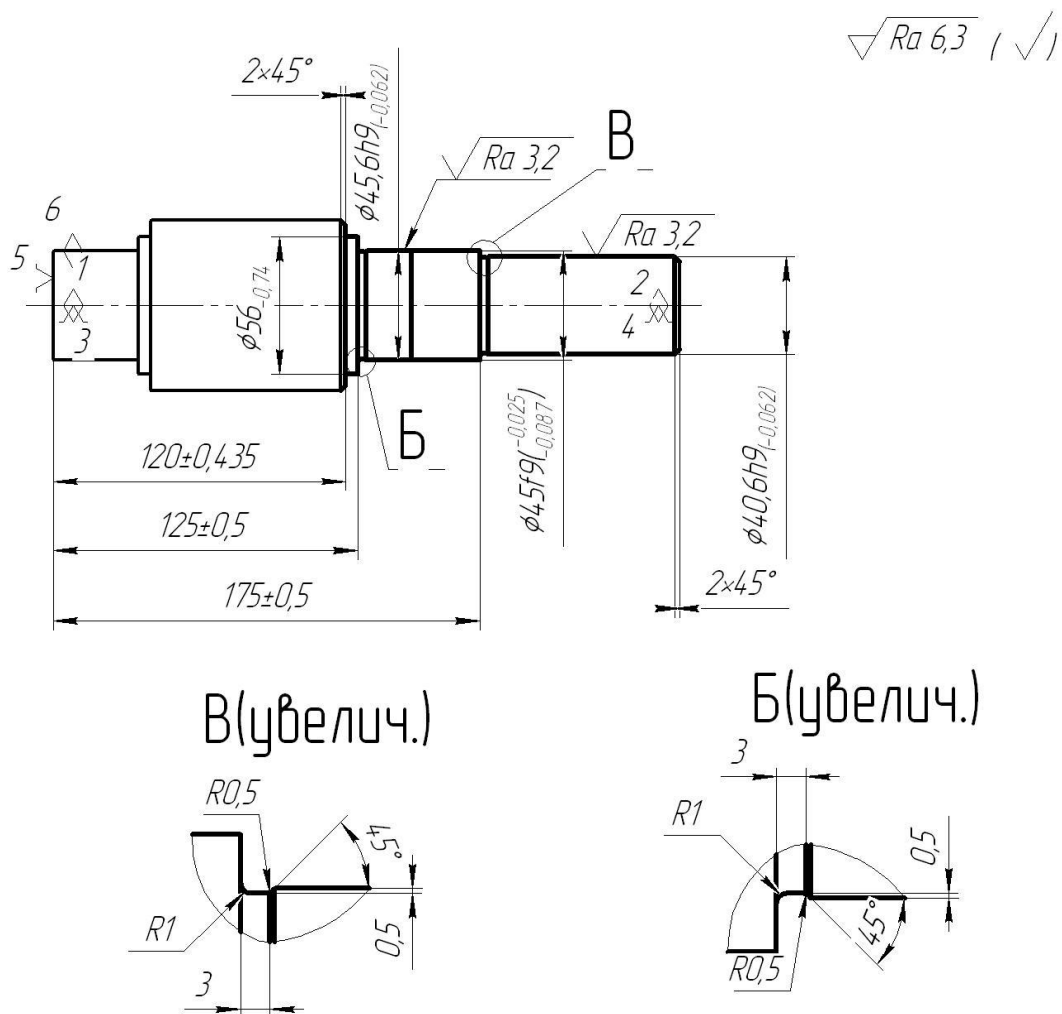


Рисунок 3 – Схема операции 020

3.2 Определение сил резания

В процессе обработки на токарном станке на заготовку действуют силы резания. Определим их.

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (22)$$

где для P_Y : $C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$; [24]

для P_Z : $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$. [24]

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{np_z} \cdot K_{np_y}. \quad (23)$$

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{np_z} \cdot K_{np_y} = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 1,24.$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{np_y} \cdot K_{np_z} = 1,22 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,68.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 88,7^{-0,15} \cdot 1,24 = 170,3, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 88,7^{-0,3} \cdot 1,68 = 137,0, \text{ Н.}$$

3.3 Определение усилия зажима

Определим крутящий момент.

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2}. \quad (24)$$

Рассчитаем момент силы зажима.

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}. \quad (25)$$

Тогда

$$M_p = \frac{170,3 \cdot 70}{2} = 605,5, \text{ Н.}$$

Эти моменты должны быть взаимно уравновешены, поэтому

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}. \quad (26)$$

Для гарантии примем коэффициент запаса, который рассчитаем по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (27)$$

где $K_0 = 1,8; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,0$. [8]

Тогда $K = 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$.

Примем коэффициент трения $f = 0,3$. [8]

Тогда

$$W_z^1 = \frac{1,8 \cdot 154,7 \cdot 85}{0,3 \cdot 30,3} = 1157,3 \text{ Н.}$$

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)}. \quad (28)$$

$$\text{Тогда } W_1 = \frac{1157,3}{1 - \left(\frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1371,2 \text{ Н.}$$

3.4 Определение усилия привода

«Приспособление экономически эффективно, если годовая экономия, получаемая от его применения, больше годовых затрат на эксплуатацию. Для оценки и выбора соответствующей конструкции на практике обычно сопоставляют экономичность различных конструктивных вариантов приспособлений для данной операции. Полагая, что расходы на амортизацию

станка, режущий инструмент и электроэнергию при использовании различных вариантов остаются неизменными, определяют и сопоставляют лишь те элементы себестоимости операции, которые зависят от конструкции приспособления». [16]

Рассчитаем усилие привода, которое усиливается механизмом зажима и прикладывается к зажимному кулачку

$$Q = \frac{M}{n \cdot r_{\max} \cdot \sin\left(\theta + \frac{4r_0 \cdot \mu}{\pi \cdot r_{\min}}\right)} \quad (29)$$

$$\text{Тогда } Q = \frac{6574,8}{630 \cdot 0,031 \cdot \sin\left(18 + \frac{4 \cdot 0,025 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,04}\right)} = 1083,9, \text{ Н.}$$

Чертеж спроектированного приспособления, автоматизированного пневматическим приводом, представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Общие сведения

«Шпоночные пазы (канавки) на валах изготавливаются для призматических и сегментных шпонок. Шпоночные пазы для призматических шпонок могут быть закрытыми с двух сторон (глухие), закрытыми с одной стороны и сквозными». [3]

«Шпоночные пазы изготавливаются различными способами в зависимости от конфигурации паза и вала, применяемого инструмента. Они выполняются на горизонтально-фрезерных либо на вертикально-фрезерных станках общего назначения или на специальных станках». [3]

«Сквозные и открытые с одной стороны шпоночные пазы изготавливаются фрезерованием дисковыми фрезами (рисунок 4, а)». [3]

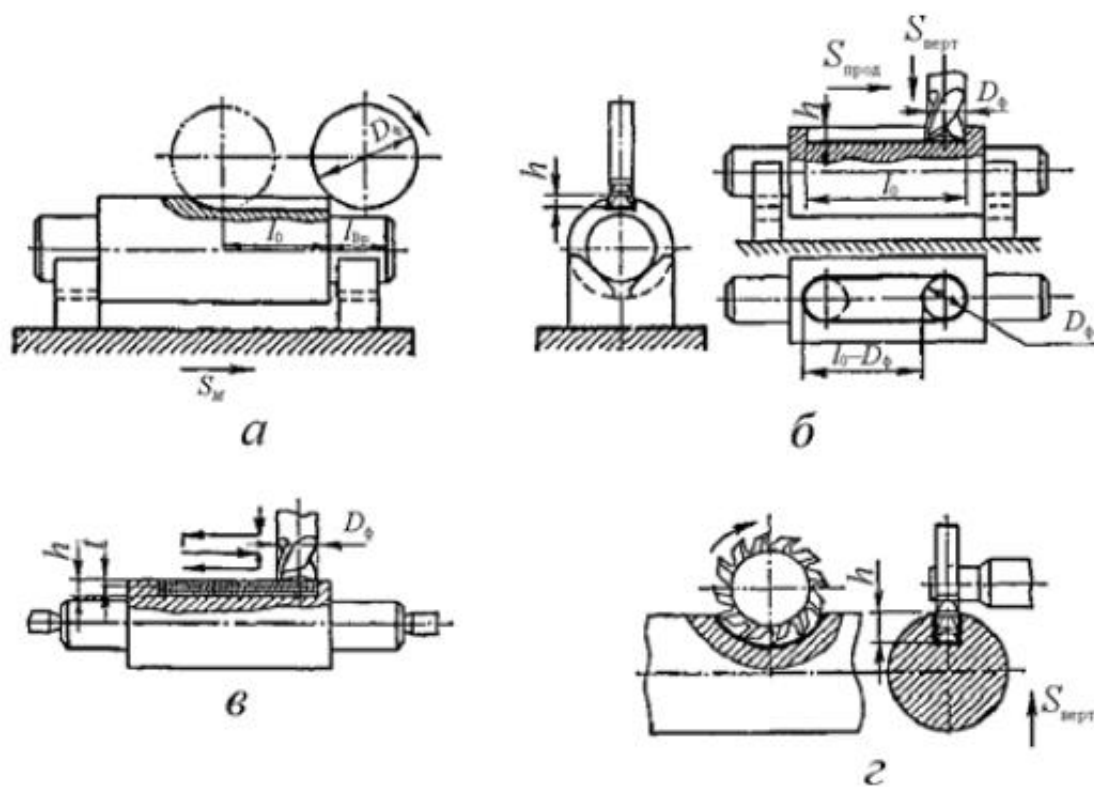


Рисунок 4 – Выполнение шпоночных пазов

«Фрезерование паза осуществляется за один-два прохода. Этот способ наиболее производителен и обеспечивает достаточную точность ширины паза, но его применение ограничивается конфигурацией пазов». [3]

«Фрезерование концевой фрезой за один проход проводится таким образом, чтобы сначала фреза при вертикальной подаче проходит на полную глубину канавки, потом включается продольная подача, с которой шпоночный паз фрезеруется на полную длину. При этом способе требуется мощный станок, прочное крепление фрезы и обильное охлаждение эмульсией. Вследствие того, что фреза работает в основном периферийной частью, диаметр которой уменьшается от переточки к переточке, по мере увеличения числа переточек точность обработки (по ширине паза) ухудшается». [3]

В спроектированном технологическом процессе на операции 030 выполняется фрезерование шпоночного паза. Обработку ведут концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке. Схема операции представлена на рисунке 5.

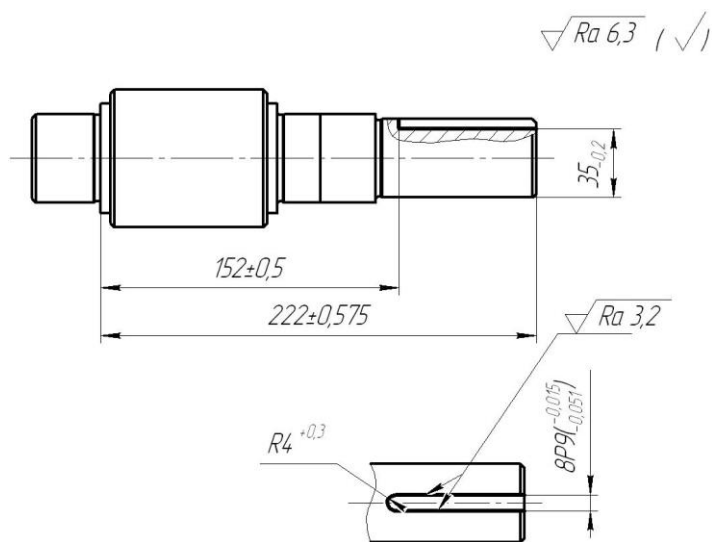


Рисунок 5 – Схема операции 030

Спроектируем концевую фрезу для операции 030.

4.2 Выбор инструментального материала

Конструкцию концевой фрезы для обработки заготовки материала - сталь 20Х с $\sigma_B=640$ МПа примем твердый сплав Т15К6 ГОСТ 3882-74 [8].

4.3 Конструктивные элементы фрезы

Наружный диаметр режущей части концевой фрезы d назначается исходя из ширины шпоночного паза.

Принимаем $D = B = 8$ мм.

Рассчитаем длину фрезы

$$L = l_1 + l + l_2, \quad (30)$$

где « l_1 – длина режущей части;

l – длина шейки;

l_2 – длина хвостовика». [11]

Для фрез диаметром до 30 мм длина режущей части $l_1 = 4 \cdot d$, следовательно:

$$l_1 = 4 \cdot 8 = 32, \text{ мм.}$$

С учетом переточек примем $l_1 = 40$ мм.

Длина шейки определим из зависимости

$$l = 4 \left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right). \quad (31)$$

Тогда $l = 4 \left(\sqrt[4]{8} + \frac{12}{8} \right) = 12,7$, мм. Примем $l = 12$ мм.

Диаметр шейки выберем равным диаметру режущей части фрезы, а значит

$$d_u = d = 8 \text{ мм.}$$

Определим общую длину фрезы по формуле (23):

$$L = 40 + 12 + 60 = 112, \text{ мм.}$$

Определим высоту зуба фрезы по формуле

$$h = K \frac{D}{Z}, \quad (23)$$

где $K = 0,9 \dots 1,2$. [11]

Примем $K = 1,0$; $Z = 4$. [11]

Тогда по формуле получим

$$h = 1 \cdot \frac{8}{4} = 2, \text{ мм.}$$

Углы резания, выполняемые на режущих инструментах, оптимизируют опытным путем, проводя эксперименты и собирая статистику действующих машиностроительных предприятий. Принимаются оптимизированные углы режущего клина в зависимости от вида образующейся стружки, минимизации трения задней поверхности инструмента о заготовку, улучшения теплоотвода в процессе резания, увеличения прочности режущего клина.

«Для выполнения условия равномерности фрезерования зубья на цилиндрической части выполняют стружечную канавку с углом наклона $\omega = 30 \dots 45^\circ$ ». [11]

Принимаем $\omega = 45^\circ$.

«Твердым сплавам с износостойким покрытием удалось преодолеть как твердых сплавов без покрытия, так и других инструментальных материалов: с увеличением прочности снижается износостойкость. Наносимый слой карбидов или нитридов тугоплавких металлов в несколько микрометров резко изменил производительность и износостойкость твердосплавных инструментов». [1]

«В настоящее время применяются различные методы нанесения износостойких покрытий на режущие инструменты. Наиболее широко применяются методы физического осаждения покрытий (PVD) и химического осаждения покрытий из паровой фазы (CVD)». [1]

«Суммарная толщина покрытия PVD, как правило, не более 3-6 мкм (рисунок 6)». [1]

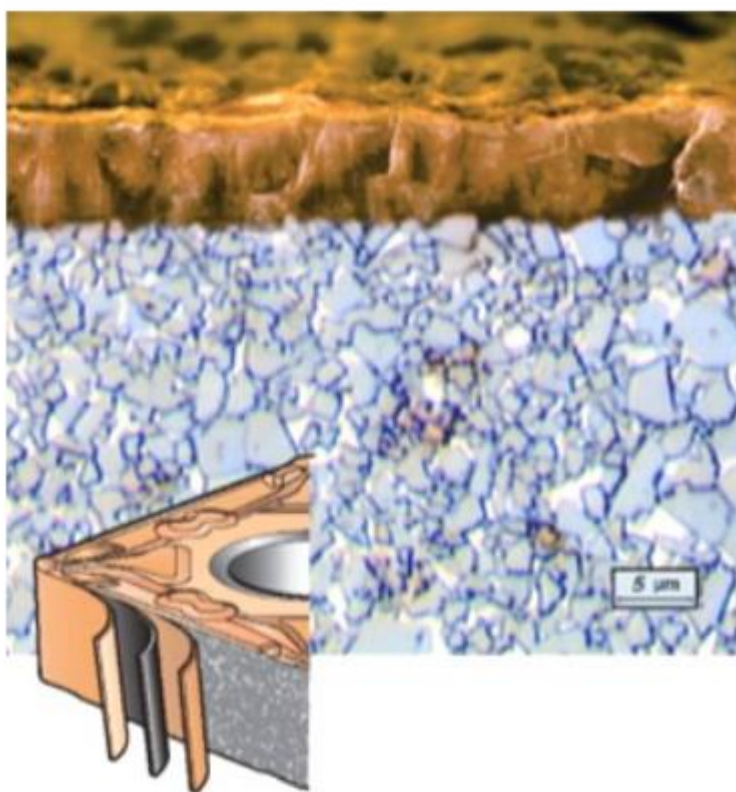


Рисунок 6 – PVD покрытие

PVD-покрытия обычно являются более прочными, чем CVD-покрытия, и часто используется совместно с мелкозернистыми твердыми сплавами для получения острозаточенной режущей кромки. Рациональная область применения конкретных износостойких покрытий определяется полной картиной его эксплуатационных и технологических свойств, а также экономическими факторами. Идеального инструментального покрытия, одинаково пригодного для всего разнообразия условий механической

обработки, в настоящее время не существует. Каждое покрытие и метод его нанесения на тот или иной режущий инструмент необходимо рассматривать в отдельности, как систему.

В настоящее время развиваются различные технологии, в частности разрабатываются новые инструментальные материалы. Это сказывается на инструментальных машиностроительных производствах, в которых одним из типов основных перспективных материалов являются твердые сплавы. Изготовление инструментов из твердых сплавов затруднительно. Это вызвано тем, что данные материалы можно обрабатывать только абразивными инструментами. За время прошедшее с появления этого рода материалов машиностроительная промышленность обрабатывать их научилась, но появились новые проблемы, связанные с эксплуатацией такого рода инструментов. Проблема заключается в том, что у этого инструментального материала большая твердость, то с ней связана и повышенная хрупкость. Хрупкость вызывает износ такого инструмента скалыванием и выкрашиванием. Это отражается на износе такого инструмента.

Такого рода износ необходимо уменьшить. Эту проблему уменьшает модификация поверхностей, и в частности нанесение износостойких покрытий на режущую часть. Покрытие изменяет свойство поверхностного слоя и снижает процент поломки дорогостоящего металлорежущего инструмента.

Для увеличения стойкости спроектированной нами концевой фрезы примем нанесение на режущую часть покрытия из нитрида титана (TiN) методом ионной бомбардировки. Это увеличит стойкость фрезы в 2,1 раза.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе содержится анализ безопасности и экологичности технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора.

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 2 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 2 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [5]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [5]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [5]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [5]	«Материалы вещества» [5]
Изготовление вала-шестерни редуктора	Шпоночно-фрезерная	Оператор станка с ЧПУ	Фреза концевая Т15К6	сталь 40Х
	Токарная		Патрон цанговый Приспособление специальное с призмами Резец контурный правый Т15К6 ГОСТ 18878-73 Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 18885-73 Патрон токарный трехкулачковый, оснащенный пневмоприводом Центр упорный ГОСТ 13214-79	

5.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблицу 3 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса воспроизведения профессиональных рисках.

Таблица 3 - Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция» [5]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [5]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [5]
Шпоночно-фрезерная	Химическое отравление, поражение электрическим током при неправильной эксплуатации оборудования, шум, вибрации, загрязнение воздуха, стереотипные рабочие движения	СОЖ, оборудование, обрабатываемая заготовка, инструмент, станок
Токарная		

Вышеприведенные факторы угрожают безопасности исполнения операций технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора. Необходимо предпринять меры по устранению влияния приведенных опасных факторов на работников.

5.3 Методы и технические средства снижения рисков

В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, приведенных в предыдущем подразделе, на исполнение операций технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора. Методы и средства приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и вредный производственный фактор» [5]	«Организационные методы, технические средства» [5]	«Средства защиты» [5]
вибрации	«Инструктажи по охране труда. Устройства и приспособления, гасящие вибрации» [20]	«Ботинки с амортизирующими подошвами» [6], «вибропоглощающие перчатки» [6]

Продолжение таблицы 4

«Опасный и вредный производственный фактор» [5]	«Организационные методы, технические средства» [5]	«Средства защиты» [5]
«акустические колебания в производственной среде и характеризующие повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [5]	«Инструктажи по охране труда. Приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [19]	Противошумные вкладыши или наушники
Поражение электрическим током	«Инструктажи по охране труда. Заземление оборудования. Изоляция токоведущих частей. Системы аварийного отключения» [19]	резиновые напольные покрытия, Перчатки с полимерным покрытием, спецодежда
Химическое отравление (через дыхательные пути)	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
Загрязнение воздуха	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
стереотипные рабочие движения	Инструктажи по охране труда Соблюдение периодических перерывов	-
«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения» [5]	Инструктажи по охране труда устройства местного освещения	-

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Цель данного подраздела – обезопасить объекты производства от угрозы возникновения пожаров. Приведенные ниже таблицы 5-7 содержат информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах.

Таблица 5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок» [5]	«Оборудование» [5]	Класс пожара	«Опасные факторы при пожаре» [5]	«Сопутствующие факторы при пожаре» [5]
Производственный участок	692Д 16Б16Т1	Д	«Неисправность электрооборудования, возгорание промасленной ветоши, искры и пламя» [19]	«Взрывы, Изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования» [19]

Таблица 6 - Средства защиты и пожаротушения

«Первичные средства пожаротушения» [5]	«Мобильные средства пожаротушения» [5]	«Стационарные установки системы пожаротушения» [5]	«оборудование» [5]	«инструмент» [5]	«Средства индивидуальной защиты» [5]	«Пожарные сигнализация, связь, оповещение» [5]
Огнетушители, ящики с песком, ведра	Автомобили, передвижные огнетушители	Система пожаротушения автоматическая	Рукава, гидранты	Ведро, лопаты	Противогазы, спецодежда, пожарный щит	Звуковые автоматические оповещатели

Таблица 7 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования» [5]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [5]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [5]
Технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора	разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а также разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности	пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Произведенный анализ выявил результаты, занесенные в таблицы 8 и 9.

Таблица 8 - Определение экологически опасных факторов объекта

Технологический процесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасное воздействие на атмосферу	Опасное воздействие на гидросферу	Опасное воздействие на литосферу
Изготовление вала-шестерни редуктора	692Д 16Б16Т1	Стружка, пыль, токсические испарения	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь

Таблица 9 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

воздействие	Технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

5.6 Требования к управлению охраной труда внутри организации

«К системам управления охраной труда требования разработаны Международной организацией труда в соответствии с общепризнанными международными принципами на основе широкомасштабного подхода». [23]

«На работодателя возлагается непосредственная ответственность и обязанность по обеспечению безопасных условий и охраны здоровья работников в организации. Применение системы управления охраной труда способствует выполнению этих обязанностей». [17]

Опираясь на полученные ранее анализы исходных данных, были произведены необходимые исследования, которые дали следующие результаты: были рассмотрены и проанализированы технологические операции, а именно – шпоночно-фрезерная и токарная, выявлены риски, которые могут появиться при исполнении операций технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора, и опасные факторы, приведены методы и средства для их снижения, перечислены источники угрозы возникновения пожара и средства для их устранения, были обнаружены экологически опасные факторы и приведены мероприятия для уменьшения их влияния на окружающую среду. Применяя в условиях действующего машиностроительного производства, разработанные действия помогут сократить или снизить вредные воздействия, а также повысить экологическую ситуацию на участке механической обработки вала-шестерни редуктора.

6 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, являющийся завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 7).

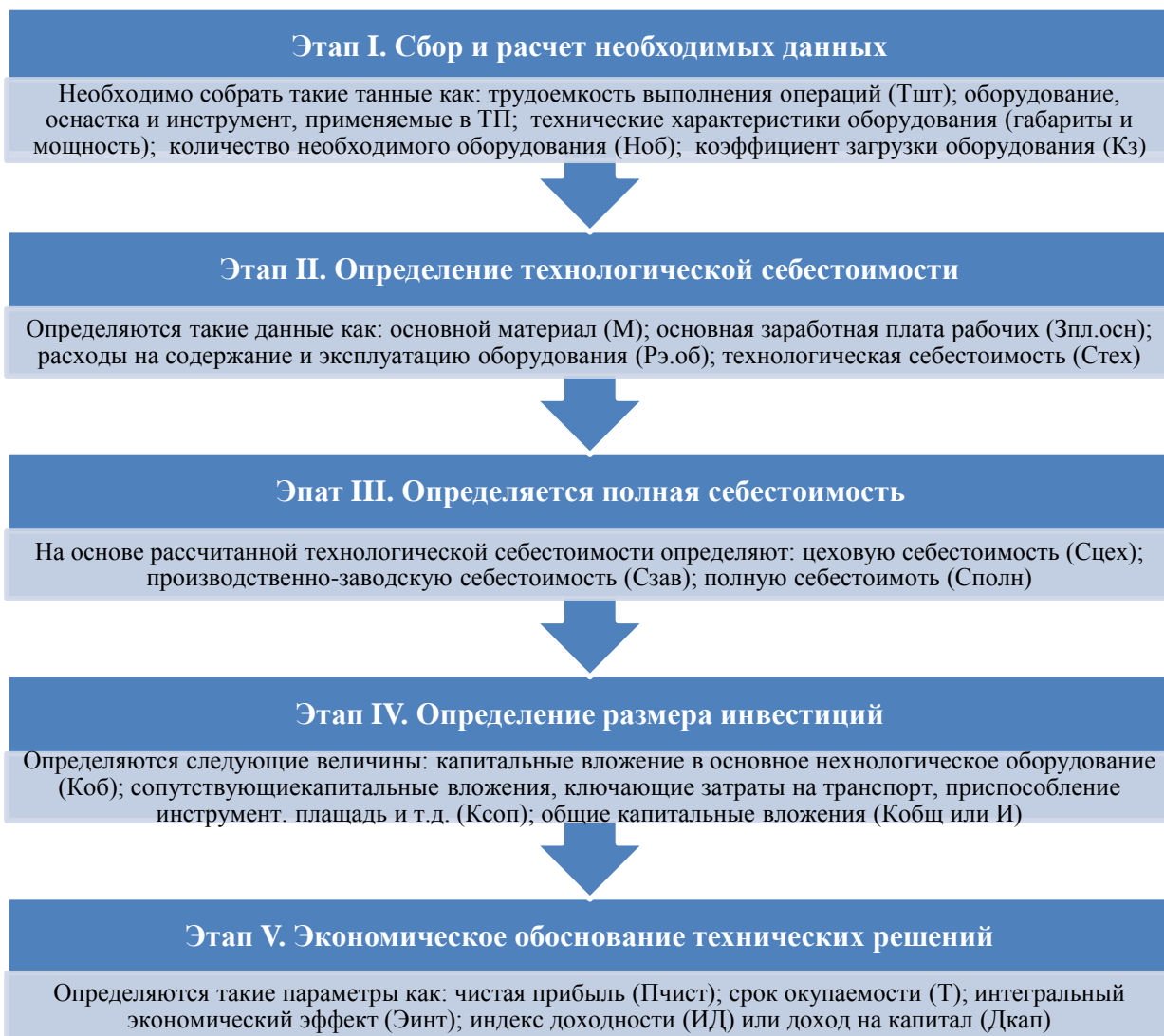


Рисунок 7 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 7, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [15].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 8.

Базовый вариант технологического процесса токарных операций 010 и 020	Проектный вариант технологического процесса токарных операций 010 и 020
<ul style="list-style-type: none">• <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16Б16Т1.• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый.• <u>Инструмент</u> – резец контурный, Т15К6• <u>Трудоемкость</u> – операция 010: Тшт = 1,69 мин, То = 1,30 мин; операция 020: Тшт = 2,56 мин, То = 1,97 мин	<ul style="list-style-type: none">• <u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ 16Б16Т1.• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый с автоматическим зажимом• <u>Инструмент</u> – резец контурный, со специальной стружколомающей канавкой с пластиной Т15К6.• <u>Трудоемкость</u> – операция 010: Тшт = 1,51 мин, То = 1,30 мин; операция 020: Тшт = 2,27 мин, То = 1,97 мин

Рисунок 8 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 8, изменениям подвергается станочное приспособление. Так как в процессе предложенного технического решения

материал и способ получения заготовки не изменены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 9.

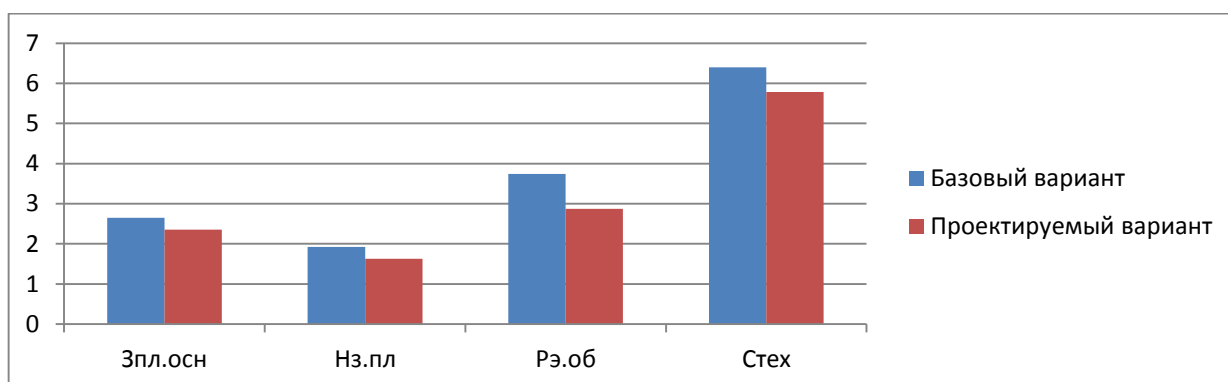


Рисунок 9 – Формирование технологической себестоимости токарных операций 010 и 020 по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 9 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 19,81%.

Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 10. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

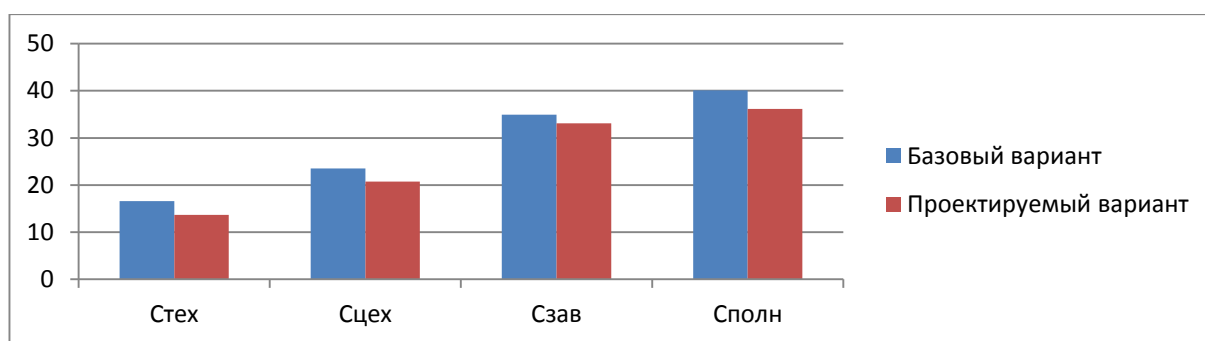


Рисунок 10 – Формирование полной себестоимости токарных операций 010 и 020 по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 10, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость токарных операций 010 и 020 проектируемого процесса уменьшилась на 2,94 рубля, что составляет 18,45%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 11.

Как видно из рисунка 11, инвестиции потребуются на: закупку оборудования ($K_{об}$); доставку и монтаж оборудования ($K_{м}$); проектирование ($Z_{пр}$), инструмент ($K_{и}$), производственную площадь ($K_{э.пл}$); корректировку управляющей программы ($K_{а}$) и незавершенное

производство (НЗП). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций (И) составит 671213,55 рублей.

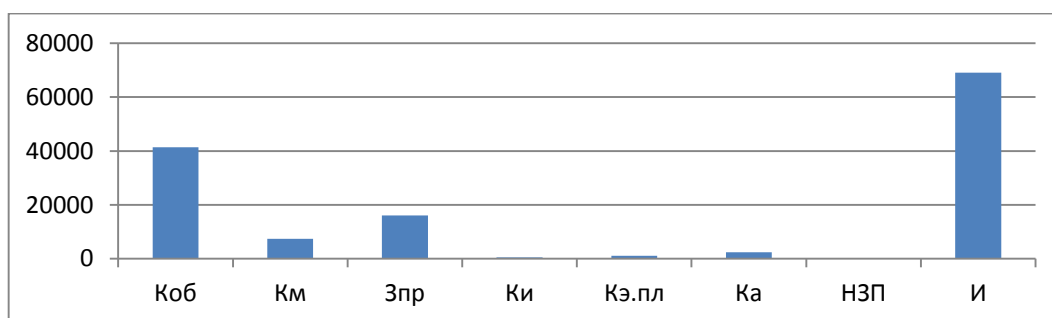


Рисунок 11 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных токарных операции 010 и 020, руб.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений.

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 7 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта.

Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 7435,53 рубля. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

Заключение

В результате выполнения работы нами спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора. Данная деталь играет важную роль в конструкции редуктора, так как служит для восприятия крутящего движения и передачи его на другую шестерню редуктора..

В работе проанализированы возможные технологические процессы получения заготовки и в результате расчета был выбран наиболее выгодный метод получения заготовки штамповка.

Нами был проведен анализ и назначен тип организации технологического процесса – среднесерийное производство, также описаны его характерные признаки.

На одну из поверхностей вала-шестерни рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. Этот метод наиболее подробный и точный.

В работе подробно описаны две операции токарная и шпоночно-фрезерная. На эти операции разработаны технологические наладки, представленные в графической части работы, и подробно рассчитаны режимы обработки.

Для фиксации заготовки токарной операции нами спроектирован токарный патрон. Это приспособление (в отличие от базового) имеет автоматизированный привод, что позволяет автоматизировать процесс закрепления и раскрепления заготовки на операции.

Для шпоночно-фрезерной операции технологического процесса нами спроектирована четырехзубая твердосплавная концевая фреза, имеющая износостойкое покрытие для увеличения стойкости.

Экономический расчет показал эффективность работы.

Список используемой литературы

1. Абляз Т.Р. Процессы формообразования и инструменты : учеб. пособие / Т.Р. Абляз, К.Р. Муратов, А.С. Кузнецов. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 96 с.
2. Балашов В.Н. Технология производства деталей автотракторной техники : учебное пособие / В.Н. Балашов. – Москва : ФОРУМ, 2021. – 288 с.
3. Бахвалов В.А. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие. Ч. 1. Методы обработки заготовок и технологические процессы изготовления типовых деталей машин. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 449 с.
4. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
5. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2021. –22 с.
6. ГОСТ 12.4.280-2014. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. – 24 с.
7. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства. Основные термины и определения. – 9с.
8. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки. – 12 с.
9. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
10. Завистовский В.Э. Техническая механика: детали машин : учебное пособие / В.Э. Завистовский. – М. : ИНФРА-М, 219. – 350 с.
11. Зубарев Ю.М. Основы резания материалов и режущий инструмент : учебник / Ю.М. Зубарев, Р.Н. Битюков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 228 с.

12. Зубарев Ю.М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов : учебное пособие для вузов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемывшев, В.Г. Юрьев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург, Лань, 2021. – 312 с.
13. Иванов И.С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие / И.С. Иванов. – Москва : ИНФРА-М, 2018. – 198 с.
14. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.
15. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
16. Кудряшов Е.А. Приспособления для производства изделий машиностроения : учебник для вузов / Е.А. Кудряшов, И.М. Смирнов, Е.И. Яцун; под ред. Е.А. Кудряшова. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 220 с.
17. Лопанов А.Н. Управление безопасностью труда в инженерии : учебное пособие / А.Н. Липанов, О.Н. Томаровщенко. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2020. – 224 с.
18. Попелюх А.И. Технологическая документация и сопровождение производства художественных изделий : учебное пособие / А.И. Попелюх. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – 127 с.
19. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. N 776н "Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда".
20. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

21. Семакина О.К. Технология химического машиностроения : учебное пособие / О.К. Семакина ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 144 с.
22. Фещенко В.Н. Обеспечение качества продукции в машиностроении : учебник / В.Н. Фещенко. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 788 с.
23. Шеломенцева И.В. Охрана труда : учебное пособие / И.В. Шеломенцева, Э.С. Дорофеева, А.А. Тарасенко. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 228 с.
24. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений. Теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев; под ред. А.Е. Беляева. – М. : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с.
25. Ямников А.С. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / А.С. Ямников, А.А. Маликов ; под ред. А.С. Ямникова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 252 с.

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Глоб.										
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа						Тшт.
						Б	Код, наименование оборудования				КОИД	
Т01	XXXXXX	Пристосовление специальное;	391810	Фреза червячная зуборезная т = 3, Р6М5	ГОСТ 9324 - 80;							6
Т02	394300	Прибор для контроля параметров зубчатого венца	ГОСТ 6507 - 81.									
А03	XX. XX. XX.	040	5030	Термическая	01250	00001	ИОТ. №47					
Б04	313732	Установка индукционного нагрева	2	19104	204	24	1	1	1	142	1	
О05	Улучшение - до 220...230НВ											
А06	XX. XX. XX.	045	4143	Центрошлифовальная	ИОТ. № 76							
Б07	38 1312 7	Центрошлифовальный ст-к	3923	1	19630	322	1	1	1	142	1	
О08	Шлифовать центровые отверстия, выдерживая размер $60^0 \pm 15'$.											
Т009	397130	Круг 1 12' 6' 10' 24АМ16К6	М40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007.									
А10	XX. XX. XX.	050	4130	Круглошлифовальная черновая	ЧПУ ИОТ. № 76							
Б11	38 1300 1	Круглошлифовальный с ЧПУ мод. КШ-400.2	1	19630	322	1	1	1	142	1		
О12	Шлифовать поверхность 10, выдерживая размер $\varnothing 45.1-0.05_i$.											
Т13	шлифовать поверхность 13, выдерживая размер $\varnothing 40.1-0.05$.											
Т14	396110	Патрон мембранный	ГОСТ 3889-80; 397130 Шлифовальный круг 1 250' 35' 76.2 25А F40 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;									
Т15	394630	Прибор активного контроля	БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТР 8.671 - 2009,									
МК												

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.													5	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
A01	XX	XX	055	4130	Торцевуглошлифовальная ст-к с ЧПУ ИОТ.№ 76											
B02	38	1300	I	Торцевуглошлифовальный ст-к с ЧПУ ХШ4-104Ф20	I	19630	322	I	I	I	I	I	I	142	I	
O03	Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер Ø45,1 ^{+0,05} , шлифовать поверхность 3, выдерживая размер 222,5±0,575.															
T04	396110 Патрон поводковый; 397130 Шлифовальный круг I 250' 30' 76.2 24A F40 K6 V 40м/с 2кл ГОСТР 52781-2007;															
T05	394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТР 8.671 – 2009.															
A06	XX	XX	060	4151	Зубошлифовальная ИОТ.№ 74											
B07	38	1560	б	Зубошлифовальный ст-к мод. 5В833	I	19630	322	I	I	I	I	I	I	142	I	
O08	Шлифовать поверхности 15 и 16, выдерживая размеры: Ø64-0,03; 24±0,015; т=3мм; z=20.															
T09	396110 Патрон мембранный ГОСТ 3889 - 80; 397130 Шлифовальный круг I 250' 40' 76.2 24A F16 K6 V 40м/с 2кл ГОСТР 52781-2007;															
T10	394630 Прибор для контроля параметров зубчатого венца ГОСТ 6507 – 81.															
A11	XX	XX	065	4130	Круглошлифовальная чистовая ЧПУ ИОТ.№ 76											
B12	38	1300	I	Круглошлифовальный с ЧПУ мод. КШ-400.2	I	19630	322	I	I	I	I	I	I	142	I	
O13	Шлифовать поверхность 10, выдерживая размер Ø45 ^{+0,018} _{+0,002}															
O14	шлифовать поверхность 13, выдерживая размер Ø 40-0,016.															
T15	396110 Патрон мембранный ГОСТ 3889-80; 397130 Шлифовальный круг I 250' 35' 76.2 25A M16 K6 V 40м/с 2кл ГОСТР 52781-2007;															
T16	394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТР 8.671 – 2009.															
МК																

